



ارزیابی کیفی ریسک های ایمنی موثر در نشت گاز کلر به روش آنالیز درخت خطا (FTA) در صنایع کلر آلکالی

امین سلطانی

دانشجوی کارشناسی رشته مهندسی ایمنی صنعتی، موسسه آموزش عالی غزالی

اکبر علی پور ذولبین

کارشناسی مهندسی بهداشت حرفه ای، دانشگاه علوم پزشکی زنجان

چکیده

ریسک های ایمنی در صنایع شیمیایی از طیف های گسترده ای تاثیر می پذیرد لذا شناسایی عوامل موثر در شکل گیری مخاطرات ایمنی از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است ، موضوع مورد مطالعه با هدف شناسایی برش های حداقل ریسک های ایمنی منجر به نشت کلر به روش آنالیز درخت خطا (FTA) با استفاده از نرم افزار Top Event FTA در صنایع کلر آلکالی می پردازد ؛ در نتایج این ارزیابی تعداد ۸ برش حداقل (MCS) شناسایی شد که با بررسی آن ها فاکتور های موثر با عناوین استفاده از سیستم های مکانیزه پایش غلظت محصولات فرایندی و اهمیت تعمیرات پیشگیرانه ، پایبندی به سیستم های Tag out , Lock out , Permit ، مرتبط با ریشه های نشت و مسمومیت کارکنان با گاز کلر میباشد ، لذا آموزش الزامات ایمنی فرایند و بررسی اثر بخشی آن و همچنین اقدامات کنترل مهندسی می تواند به عنوان راهکار اصلاحی جهت کاهش سطح ریسک های ایمنی در نظر گرفته شود .

واژگان کلیدی: صنایع شیمیایی ، آنالیز درخت خطا ، برش حداقل ، نشت گاز کلر .



مقدمه

رشد روزافزون صنعت و فن آوری در سالهای اخیر، نیازمند تغییرنگرش و رویکرد مدیران نسبت به موضوعات ایمنی، بهداشت و محیط زیست (HSE)، در سازمان ها و صنایع است. شرط لازم برای این تغییر نگرش و همگام شدن با سازمان های موفق بین المللی، استقرار نظام مدیریت HSE در شرکت ها می باشد و گام اول در استقرار این نظام، تعهد مدیریت ارشد سازمان است. منشور تعهد مدیریت در خط مشی نمود پیدا می کند. مثلاً مدیر سازمان، مسئولیت تامین منابع مورد نیاز را می پذیرد و به تمامی ذی نفعان اطمینان می دهد که منافع آنها را با افزایش ایمنی، ارتقاء سلامت و کاهش یا حذف آلودگی، تأمین نماید. یکی از مهم ترین عناصر HSE-MS، مدیریت ریسک است. کلمه ریسک را بارها شنیده اید و از آن آشنایان زیادی دارید که در محاوره ها بسیار مورد استفاده قرار می گیرد. مثلاً برای کاری که ممکن است عواقب سنگینی بدنبال داشته باشد، گفته می شود که از ریسک بالایی برخوردار است. اما ریسک چیست و چرا کاهش یا حذف آن به این اندازه مهم است؟ این سؤال را تحلیل گران سیستم به خوبی پاسخ داده اند. تحلیل گرانی که به بقاء سیستم و ارتقاء عملکرد آن می اندیشند، بر این باورند که سازمان هایی که مملو از رویدادهای مخاطره آمیز باشند، دوام نخواهند یافت. آنها به این درک مشترک رسیده اند که بایستی سیستمی برای شناسایی مخاطرات و ارزیابی ریسک های سازمان، به شکل پیش فعال وجود داشته باشد. سیستمی که مخاطرات را شناسایی کرده و مخاطرات پرریسک را غربال کند و در نهایت راهکارهایی را برای کنترل و یا حذف آنها ارائه نماید (اصفهانی، ۱۳۸۸)، فقدان نگرش سیستمی به موضوع ایمنی، بهداشت و محیط زیست، موجب می شود برخی عوامل کلیدی در وقوع حوادث پنهان بماند و باعث افزایش نرخ تکرار حوادث می شود. بنابراین ایجاد سیستمی نظام مند، جهت ارزیابی ریسک میتواند باعث کاهش عوامل بالقوه آسیب رسان و همچنین آلودگی زیست محیطی شود که در نهایت رضایت عمومی، تقلیل آمار حوادث صنعتی و آلودگی های زیست محیطی را در پی خواهد داشت (بقایی، ۱۳۸۸). صنعت کلر آلکالی یکی از مهم ترین فرآیندهای صنایع شیمی است که نقش بسیار مهمی در تولید محصولات شیمیایی دارد. این فرآیند شامل تولید گاز کلر و محلولی قلیایی است که با الکترولیز آب نمک تولید می شوند. فرآیند کلر آلکالی در بیش از ۵۰ درصد فرآیندهای شیمیایی صنعتی استفاده می شود. استفاده از گاز کلر و محلول قلیایی حاصل از فرآیند کلر آلکالی در صنایع شیمیایی بسیار گسترده است. به عنوان مثال، این مواد در تولید PVC، صابون، مواد اولیه شوینده، کاغذ، لاستیک و ... مورد استفاده قرار می گیرد. از آنجایی که این مواد از اهمیت بسزایی در تولید محصولات اساسی مصرفی و صنایع دیگر برخوردار هستند، صنعت کلر آلکالی نقش مهمی در صنایع شیمیایی دارد. هر روش ارزیابی ریسک مبتنی بر مزایا و معایب و در نتیجه محدودیت است مثلاً FMEA محدودیت های در رابطه سیستم های پیچیده دارد که در آن یک خطای بحرانی از توالی خطاها به وجود می آید و بوسیله FMEA ارزیابی خواهد شد؛ اما علل اشتباهات را نمی توان ارزیابی کرد، بنابراین روش های دیگر مورد نیاز است. تجزیه و تحلیل درخت شکست FTA یکی از روشهایی که به وسیله آن علل مخاطرات ریشه یابی می شوند (Marx, D., Slonim, A., 2003). در این تحقیق با بررسی واحدها و فرآیندهای بین واحدی از جمله عوامل مختلف انسانی و فنی در پروسه تولید کلر آلکالی با استفاده از روش FTA انتخاب شد که به شناسایی علل ریشه ای نیست گاز کلر و جنبه های ایمنی و بهداشتی آن پرداخته می شود.

روش تحقیق

در این تحقیق از روش ارزیابی ریسک به روش آنالیز درخت خطا FTA که فرآیند سیستماتیک ارزیابی ریسک حوادث و رویدادهای خطرناک از نظر احتمال وقوع می باشد که با ارائه راهکارهایی به منظور کنترل و کاهش سطح ریسک، نقش مهمی در پیشگیری از وقوع رویدادهای خطرناک ایفا می نماید (Bedford and Cooke, 2001) گفتنی است که FTA روش دیگرامی برای ارزیابی یک سناریو یا رویداد خطرناک یعنی همان رویداد اصلی (TE) و علل وقوع آن بصورت کمی و کیفی می باشد (Guo and kang, 2015) در مطالعه حاضر

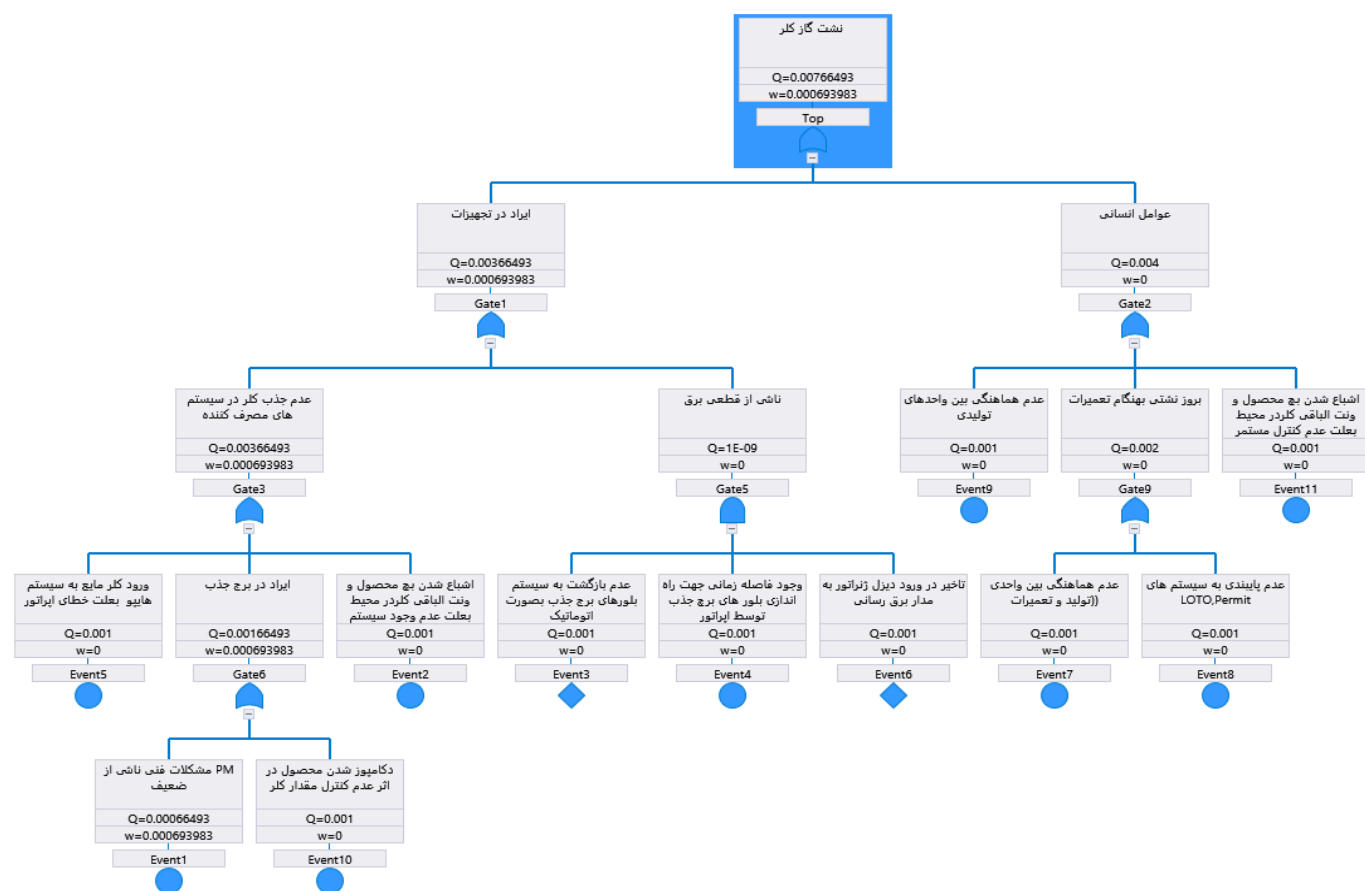


از روش مصاحبه با کارشناسان فنی در زمینه بروز ایراد در هر زیر سیستم استفاده گردیده که تحلیل درخت خطا در دو شاخه اصلی عوامل انسانی و ایراد در تجهیزات با استفاده از نرم افزار Top Event FTA جهت آنالیز درخت خطا و استخراج برش های حداقل به روش تحلیل کلاسیک استفاده شده است. تکنیک FTA را می توان خیلی ساده به عنوان یک روش تحلیلی در نظر گرفت که در آن وضعیت نامطلوبی از سیستم (معمولاً وضعیتی که از نقطه نظر ایمنی بحرانی تلقی می شود). هر دو ارزیابی کمی و کیفی را می توان بر روی درخت خطا انجام داد. درخت خطا (FT) به خودی خود یک ارزیابی کیفی از رویداد هایی است که منجر به رویداد رأس می شوند. هنگام تشکیل FT، بینش و درک قابل توجه ای از علل وقوع رویداد رأس بدست می آید و هر چه بیشتر بر روی این علل و ارتباط آنها دقت شود، اطلاعات بدست آمده دقیق تر و با ارزش تر می گردد، در ارزیابی های کمی، منطق حاکم بر FT به شکل منطق عددی در می آید که اطلاعات متمرکزتری را بدست می دهد. نتایج اصلی که حاصل می شود، مجموعه برش های حداقل (MCSs) رویداد رأس می باشد. یک مجموعه برش، ترکیبی از رویداد های پایه است که منجر به وقوع رویداد رأس می شوند و یک مجموعه برش حداقل، ترکیبی حداقل از این مجموعه است. رویداد های پایه، رویداد های انتهایی درخت هستند. بنابراین MCS ها، تمامی مسیرهای منتهی به وقوع رویداد رأس را مشخص می کنند. مجموعه MCS ها را نه تنها برای رویداد رأس، بلکه برای رویداد های میانی (یعنی رویدادهای گیت) نیز می توان بدست آورد. از ساختار MCS ها، می توان حجم اطلاعات قابل توجه ای را کسب کرد. هر MCS که تنها یک رویداد پایه داشته باشد، نشان دهنده یک شکست یا رویداد منفرد است که به تنهایی منجر به وقوع رویداد رأس می گردد. این شکست های منفرد اغلب پیوندهای ضعیفی هستند که بایستی هدف اقدامات پیشگیرانه قرار بگیرند. مثال هایی از این قبیل شکست ها، یک خطای انسانی منفرد یا خرابی یک قطعه خاص می باشد که باعث شکست سیستم شود. یک مجموعه برش حداقل که شامل رویداد هایی بامشخصات یکسان باشد، نشان دهنده آمادگی سیستم برای شکست های وابسته یا علت مشترک (Common Cause) است. مثالی از این نوع MCS، شکست شیرهای یکسان می باشد. یک نقص مشترک در قطعات یک کارخانه، یا یک حساسیت محیطی منفرد (مثلاً حساسیت تجهیزات یکسان به درجه حرارت بالا) می تواند باعث شود تا تمامی قطعات بطور همزمان دچار شکست گردند. (اصفهانی، ۱۳۸۸)

یافته ها

یافته های حاصل از بررسی درخت خطا (شکل-۱) بشرح جدول شماره ۱- و ۲ نشان می دهد رویداد های 5,10,2,9,7,8,11 Event بعنوان برش حداقل (MCS) با درصد مشارکت تجمعی ۹۲٪ شناسایی شده است که با بررسی برش های حداقلی تناسب تصنیفی بین عوامل انسانی و ایراد در تجهیزات برقرار است.

جداول، شکل ها و نمودارها



جدول ۱ - (لیست برش های حداقل)

Minimal Cut Set	Unavailability	Contribution
Event5	0.001	0.1304643
Event10	0.001	0.1304643
Event2	0.001	0.1304643
Event9	0.001	0.1304643
Event7	0.001	0.1304643
Event8	0.001	0.1304643
Event11	0.001	0.1304643
Event1	0.00066493	0.0867496
Event3.Event4.Event6	1.00E-09	0.0000001

جدول ۲ - (عناوین و نوع رویداد ها)



Name	Type	Description
Event1	Basic	مشکلات فنی ناشی از PM ضعیف
Event3	Undeveloped	عدم بازگشت به سیستم بلورهای برج جذب بصورت اتوماتیک
Event4	Basic	وجود فاصله زمانی جهت راه اندازی بلورهای برج جذب توسط اپراتور
Event6	Undeveloped	تاخیر در ورود دیزل ژنراتور به مدار برق رسانی
Event7	Basic	عدم هماهنگی بین واحدی (تولید و تعمیرات)
Event8	Basic	عدم پایبندی به سیستم های LOTO, Permit
Event9	Basic	عدم هماهنگی بین واحدهای تولیدی
Event5	Basic	ورود کلر مایع به سیستم های پو بعلت خطای اپراتور
Event10	Basic	دکامپوز شدن محصول در اثر عدم کنترل مقدار کلر
Event2	Basic	اشباع شدن بچ محصول و ونت الباقی کلردر محیط بعلت عدم وجود سیستم پایش لحظه ای غلظت
Event11	Basic	اشباع شدن بچ محصول و ونت الباقی کلردر محیط بعلت عدم کنترل مستمر اپراتور

فرمول ها و روابط ریاضی

معادلات مربوط جبر بولی که نرم افزار Top Event FTA برش های حداقل را بر اساس معادلات ذیل تحلیل میکند ، عبارت است از:

$$Q = A1 + A2 + A3 + \dots + An$$

$$P(Q) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

و یا $P(Q) = P(A) + P(B) - P(A)P(B|A)$

بحث و نتیجه گیری

انجام اقدامات اصلاحی و پیشگیرانه متناسب نظیر اقدامات کنترل مهندسی ، استفاده از تجهیزات مکانیزه پایش لحظه ای ، انجام تعمیرات پیشگیرانه (PM) و علی الخصوص آموزش فعالیت در چارچوب سیستم های ایمنی نظیر LOTO, Permit میتواند تاثیر بسزایی در کاهش سطح ریسک صنایع فرآیندی پیوسته داشته باشد؛ همچنین با بررسی درخت خطا مشاهده گردید هیچ علت مشترکی (Common Cause Failures) در زیر سیستم های کلی سیستم مشاهده نگردید.

– منابع انتهایی مقاله:

اصفهانی، سید حسن، ۱۳۸۹، تحلیل درخت خطا، چاپ اول، انتشارات کالج برتر
صیامیان، نصیر احمدی و احسانی امرئی، نرگس، کامران، راضیه ارزیابی ریسک بهداشت ایمنی و محیط زیست در صنعت خودرو سازی براساس روش FMEA و FTA، مجله پژوهش و فناوری محیط زیست 1399 5(8), 139-153
حسینی، کرامتی زاده، سید محمد حسن، زهرا، کاهش مخاطرات ایمنی کارکنان در صنایع تولید لوله های استخراج نفت و گاز با رویکرد ترکیبی تجزیه و تحلیل حالات بالقوه شکست (FMEA) و تحلیل درخت خطا (FTA)، پانزدهمین کنفرانس بین المللی مهندسی صنایع، بهمن ۱۳۹۷
Marx, D., Slonim, A. (2003). Assessing patient safety risk before the injury occurs: an introduction to sociotechnical probabilistic risk modelling in healthcare. Qual Saf Healthcare, 12 (Suppl II): ii33–ii38

Bedford T, Cooke R. Probabilistic risk analysis: foundations and methods: Cambridge University Press; 2001

Guo L, Kang J. An extended HAZOP analysis approach with dynamic fault tree. Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2015;38:224-32



Qualitative evaluation of effective safety risks in chlorine gas leakage by fault tree analysis (FTA) method in chlor-alkali industries

Amin Soltani

**Bachelor student of Industrial Safety Engineering,
Ghazali Institute of Higher Education**

Akbar alipour zolbin

**Bachelor of Occupational Health Engineering,
Zanjan University of Medical Sciences**

1-1- Abstract

Safety risks in the chemical industry are affected by a wide spectrum, therefore, identifying the effective factors in the Creation of safety risks is very important. The subject under study aims to identify the minimal cut sets of safety risks leading to chlorine leakage by fault tree analysis (FTA) using Top Event FTA software in chlor-alkali industries. In the results of this evaluation, the number of 8 minimal cut sets (MCS) were identified, and by scrutinizing them, effective factors with the titles of using mechanized systems for monitoring process products and preventive repairs, Adherence to Permit, Lock out, Tag out systems, related to the Leakage roots and poisoning of workers with chlorine gas. Therefore, training process safety requirements and evaluating its effectiveness as well as engineering control measures can be considered as a corrective solution to reduce the level of safety risks.

1-2- Keywords: Chemical industry, fault tree analysis , minimal cut set , chlorine gas leak.